

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu spesies ikan air tawar yang paling banyak dibudidayakan di dunia, termasuk di Indonesia. Hal ini didukung oleh pertumbuhannya yang cepat, kemampuan beradaptasi yang tinggi, dan nilai ekonomisnya yang baik. Tepung ikan telah lama menjadi bahan baku utama dalam formulasi pakan ikan karena memiliki kandungan protein yang tinggi (Kirimi *et al.*, 2023; Muin & Taufek, 2024) dan profil asam amino esensial yang sesuai dengan kebutuhan sebagian besar ikan budidaya (Fawole *et al.*, 2020). Namun, produksi tepung ikan bergantung pada perikanan tangkap, yang sering kali menyebabkan penangkapan ikan berlebih dan dampaknya terhadap keberlanjutan lingkungan. FAO (2021) melaporkan bahwa lebih dari 70% produksi tepung ikan digunakan dalam akuakultur, sementara sisanya untuk industri peternakan dan pangan manusia.

Oleh karena itu, diperlukan sumber protein alternatif yang dapat mensubstitusi tepung ikan tanpa menurunkan kualitas pakan, efisiensi pertumbuhan ikan, dan keberlanjutan lingkungan. Salah satu solusi yang menjanjikan untuk dijadikan bahan baku alternatif protein yang lebih berkelanjutan dan mengurangi ketergantungan pada sumber daya laut adalah penggunaan maggot (Bruni *et al.*, 2020; Wallady *et al.*, 2022). Selain kandungan nutrisinya yang tinggi, produksi tepung maggot juga menawarkan keuntungan lingkungan. Maggot dapat dibudidayakan menggunakan limbah organik, sehingga membantu dalam pengelolaan limbah. Maggot atau larva dari lalat *Black Soldier Fly* (BSF) menjadi salah satu organisme potensial dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi dan pakan tambahan bagi ikan (Munchdar *et al.*, 2021). Kelebihan maggot adalah mudah ditemukan, dikembangbiakkan, dan merupakan salah satu jenis bahan pakan alami yang memiliki protein tinggi (Auza, 2022). Tepung maggot mengandung kadar protein (40-50%) dan lemak (29-32%), total kecernaan nutrisi (77,7%) yang tinggi (Yaman *et al.*, 2023). Peningkatan pemanfaatan maggot (*H. illucens*) sebagai bahan baku pakan ikan dapat dibuat dalam bentuk tepung.

Saat ini, serangga telah diteliti secara mendalam sebagai sumber protein alternatif untuk formulasi pakan (Marbun *et al.*, 2021) serta untuk lingkungan, ekonomi dan manfaat sosial (Bosch *et al.*, 2019). Meskipun tepung maggot telah terbukti sebagai alternatif yang potensial untuk menggantikan tepung ikan dalam pakan akuakultur, masih terdapat beberapa tantangan terkait dengan penggunaannya. Salah satu masalah utama adalah kandungan kitin yang tinggi dalam eksoskeleton maggot, yang dapat mengurangi kecernaan dan penyerapan nutrisi pada ikan. Selain itu, beberapa spesies ikan diduga kurang menyukai rasa dan aroma tepung maggot mentah (Chia *et al.*, 2019). Fermentasi tepung maggot menggunakan *Trichoderma* muncul sebagai solusi inovatif untuk mengatasi masalah ini.

*Trichoderma* sp. memproduksi metabolit seperti asam sitrat, etanol, dan berbagai enzim seperti urease, selulase, glukonase dan kitinase (Parhusip & Gandhy, 2024). *Trichoderma*, sebagai jamur yang kaya akan enzim kitinase, dapat memecah kitin menjadi senyawa yang lebih sederhana, meningkatkan pencernaan dan nilai nutrisi tepung maggot. Proses fermentasi juga dapat meningkatkan profil asam amino dan mengurangi faktor anti-nutrisi, sehingga meningkatkan palatabilitas dan efisiensi pakan (Rahimnejad *et al.*, 2019). Selanjutnya, fermentasi dapat meningkatkan keamanan mikrobiologis tepung maggot dengan mengurangi potensi patogen (Bortolini *et al.*, 2020). Penggunaan tepung maggot terfermentasi menggunakan *Trichoderma* tidak hanya menawarkan alternatif pakan yang lebih efisien dan bergizi, tetapi juga mendukung prinsip ekonomi sirkular dalam akuakultur dengan memanfaatkan limbah organik melalui biokonversi yang ditingkatkan (Gasco *et al.*, 2020) dan dapat meningkatkan daya cerna ikan. Pencernaan merupakan banyaknya komposisi nutrisi suatu bahan maupun energi yang dapat diserap dan digunakan oleh ikan (Puteri & Hastuti, 2020).

Selain pencernaan, salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengukur kinerja pencernaan adalah dengan menganalisis histologi usus untuk menilai kinerja pencernaan. Usus merupakan organ penting dalam proses pencernaan dan penyerapan nutrisi dari makanan. Kinerja usus memiliki hubungan yang erat dengan keberhasilan proses pencernaan dan penyerapan nutrisi yang berasal dari asupan makanan yang dikonsumsi ikan (Zulfahmi & Humairani, 2019). Salah satu bagian terpenting adalah vili usus, semakin panjang vili pada usus menunjukkan luas penampang vili semakin lebih besar, sehingga penyerapan nutrisi menjadi lebih maksimal (Nadhilah *et al.*, 2022). Sebagai organ utama yang memiliki peran dalam penyerapan nutrisi di dalam tubuh ikan sangat penting untuk dikaji. Hal ini untuk mengetahui pencernaan nutrisi dan proses penyerapan nutrisi terhadap perubahan panjang vili usus ikan nila untuk mengukur kinerja pencernaan ikan.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Seberapa besar tingkat substitusi tepung ikan dengan tepung maggot terfermentasi yang terbaik terhadap pertumbuhan dan pencernaan nutrisi ikan nila.
2. Bagaimana pengaruh tingkat substitusi tepung ikan dengan tepung maggot terfermentasi terhadap perubahan panjang vili usus ikan nila.

## **1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan tingkat substitusi tepung ikan dengan tepung maggot terfermentasi terbaik terhadap pertumbuhan dan pencernaan nutrisi ikan nila.
2. Menganalisis pengaruh tingkat substitusi tepung ikan dengan tepung maggot terfermentasi terhadap perubahan panjang vili usus ikan nila.

Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi ilmu pengetahuan dibidang nutrisi dan fisiologi pencernaan ikan khususnya pemanfaatan fermentasi tepung maggot (*Hermetia illucens*) terhadap pencernaan dan histologi usus ikan nila serta sebagai rujukan untuk penelitian selanjutnya tentang pertumbuhan dan pencernaan nutrisi ikan nila yang diberi pakan substitusi tepung ikan dengan tepung maggot terfermentasi.

#### **1.4. Landasan Teori**

##### **1.4.1. Kebiasaan Makan Ikan Nila**

Pemberian pakan pada suatu sistem budidaya harus disesuaikan dengan kebiasaan makan ikan (Pattirane *et al.*, 2022). Di perairan umum, plankton (*fitoplankton* dan *zooplankton*), makrofita, serangga air beserta larva, nematoda (cacing bulat dan pipih), dan sedimen adalah bahan makanan utama bagi ikan nila (Hussain, 2019). Ikan nila hidup dan makan di seluruh kolom air, yaitu air dasar, air tengah, dan air permukaan. Ikan ini juga menunjukkan perilaku migrasi yang pendek untuk pemijahan, sehingga disebut juga sebagai ikan potamodrom (Muhtadi *et al.*, 2024). Ikan nila termasuk golongan ikan omnivora generalis dan oportunistik karena komposisi makanannya dapat bervariasi dalam rentang yang luas tergantung pada kondisi musim dan spasial lingkungan dan juga dapat bervariasi tergantung pada ukuran ikan, tingkat kematangan, kondisi lingkungan dan tipe habitat (Laurat *et al.*, 2024).

Ikan nila memiliki kebiasaan memakan *makrofita*, *fitoplankton*, *zooplankton*, sisik ikan, serangga, dan *detritus*. *Makrofita* dan *fitoplankton* merupakan bahan makanan yang dominan dikonsumsi oleh ikan nila dewasa sedangkan *juvenil* bergantung pada *zooplankton* dan larva serangga (Tesfaye *et al.*, 2020). Sifat omnivora ikan nila lebih lanjut mendorongnya untuk memanfaatkan sumber daya yang tersedia, membuatnya mudah dan terjangkau untuk tumbuh (Kwikiriza *et al.*, 2023). Faktor kondisi dan hubungan panjang-bobot ikan ditentukan oleh ketersediaan pakan di perairan. Beberapa faktor lingkungan air seperti parameter fisikokimia dan kualitas air biologis, ketersediaan makanan, dan stok ikan dapat mempengaruhi pemilihan makanan dan kebiasaan makan spesies ikan.

Selain itu, ukuran pakan, perbedaan umur dan ukuran tubuh ikan juga dapat mempengaruhi kebiasaan makan. Berdasarkan kebiasaan makan, ikan bergantung pada makanan yang dapat masuk ke dalam mulutnya sehubungan dengan ukuran perutnya. ketika ikan bertambah berat atau panjangnya, perutnya juga berkembang dengan baik dan sistem pencernaannya menjadi lebih maju (Tesfahun & Alebachew, 2023). Toleransi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan dan kemampuannya menerima pakan yang diformulasikan dan alami menjadikannya layak secara ekonomi (Temesgen *et al.*, 2022).

### 1.4.2. Maggot

Maggot atau larva dari lalat *Black Soldier Fly* (BSF) menjadi salah satu organisme potensial untuk dapat dimanfaatkan sebagai agen pengurai limbah organik dan sebagai pakan tambahan bagi ikan dan ternak (Mulyani *et al.*, 2021). Penggunaan maggot sebagai pakan juga memiliki banyak keunggulan yaitu keberadaannya bisa ditemui hampir di seluruh dunia, bisa mereduksi sampah organik, bisa hidup dalam toleransi pH yang cukup luas, tidak membawa atau menjadi agen penyakit, masa hidup cukup lama ( $\pm$  4 minggu), dan untuk mendapatkannya tidak memerlukan teknologi tinggi (Rahmah *et al.*, 2023)

Kandungan protein kasar maggot cukup tinggi dan berpotensi sebagai kandidat pengganti bahan pakan sumber protein misalnya tepung ikan (Lestariningsih *et al.*, 2022). Hasil penelitian Gao *et al.* (2019) menyebutkan bahwa maggot BSF hasil fermentasi media jerami jagung menghasilkan kandungan protein kasar 41,76% dan hasil proksimat penelitian Natsir *et al.*, (2020) menyebutkan kandungan protein tepung maggot 49,12%. Sebagai bahan baku maggot dapat dikeringkan, digiling dan menjadi tepung pada pembuatan pakan (pellet), sehingga dapat berkontribusi pada kadar protein pakan karena mengandung protein tinggi. Tepung maggot dapat menggantikan penggunaan tepung ikan dalam penyusunan formulasi mencapai 50%, sehingga dapat mengatasi harga tepung ikan yang mahal (Bokau *et al.*, 2022). Disamping itu kemampuan maggot untuk hidup dalam sampah organik membuka kemungkinan lain yaitu potensi maggot untuk menghasilkan enzim. Melihat fenomena tersebut, maggot atau larva BSF diduga mengekskresikan senyawa kimia berupa enzim untuk menghidrolisis substrat yang digunakan sebagai pakannya. kandungan gizinya yang tinggi, juga ramah lingkungan karena tidak mengandung bahan pengawet dalam pembiakannya menjadi pengganti bahan baku utama pakan yang berkualitas (Auza, 2022).



**Gambar 1.** Maggot (*Hermetia illucens*)

Maggot (*Hermetia illucens*) belum bisa dimanfaatkan secara maksimal sebagai bahan pakan ikan disebabkan oleh adanya anti nutrisi berupa kitin pada bagian luar tubuhnya. Kitin merupakan polimer alam terbanyak di dunia setelah selulosa yang banyak terdapat di *eksoskeleton* (rangka luar) pada kelompok hewan

*crustacea*, serangga, fungi dan moluska. Keadaan ini menyebabkan kitin sulit dicerna oleh ikan, karena ikan tidak mempunyai kitinase, yaitu enzim yang dapat mencerna kitin. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi atau menurunkan kadar kitin pada maggot tersebut adalah melakukan proses fermentasi (Harefa *et al.*, 2018). Maggot yang digunakan pada penelitian ini merupakan maggot berusia 15-18 hari. Maggot fresh dikeringkan menggunakan dried maggot selama 45 menit dengan suhu 80°C. maggot yang telah dikeringkan di press menggunakan mesin hot press screw kapasitas 100 kg input perjam dengan suhu 80-120°C untuk memisahkan tepung maggot dengan minyaknya. Untuk menghasilkan 1 kg tepung maggot dibutuhkan 4,5 kg maggot hidup.

### 1.4.3. Fermentasi

Fermentasi adalah penguraian senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan melibatkan mikroorganisme. Proses fermentasi dapat meningkatkan dan memperbaiki bahan baku pakan ikan. Hasil fermentasi diantaranya akan mempunyai nilai gizi yang tinggi, yaitu mengubah bahan makanan yang mengandung protein, lemak dan karbohidrat yang sulit di cerna menjadi mudah di cerna dan menghasilkan aroma serta flavor yang khas, protein, lemak dan polisakarida dapat di hidrolisis sehingga bahan pangan yang telah di fermentasi mempunyai daya cerna yang lebih tinggi. Adanya bakteri dalam proses fermentasi akan menghasilkan enzim yang dapat menguraikan senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana agar mudah dicerna oleh ikan (Andriani *et al.*, 2021).

Menurut Herawati *et al.* 2020 bahwa fermentasi *Black soldier fly meal* dapat diaplikasikan sebagai alternatif pengganti tepung ikan dalam pakan buatan ikan mas. Tepung ini mudah didapat dan terjangkau dibandingkan dengan tepung ikan, memiliki kualitas gizi yang baik, memenuhi kebutuhan ikan mas. Fermentasi merupakan pemanfaatan jasa mikroba untuk suatu bahan makanan, dapat dipercepat dengan penambahan bakteri pengurai pada substrat fermentasi untuk menghasilkan suatu produk yang lebih baik. Menurut Bokau *et al.* (2020) bahwa tepung maggot yang difermentasi dengan *Aspergillus ninger* dan *Trichoderma* mempunyai potensi sebagai bahan baku pakan ikan dan dapat menjadi alternatif pengganti tepung ikan. Tepung maggot yang difermentasi telah muncul sebagai alternatif yang menjanjikan untuk menggantikan tepung ikan dalam pakan akuakultur, termasuk untuk ikan nila. Maggot, atau larva lalat tentara hitam (*Hermetia* sp.), telah menarik perhatian peneliti dan praktisi akuakultur karena potensinya sebagai sumber protein berkelanjutan. Fermentasi telah terbukti menjadi metode pengolahan yang efektif untuk meningkatkan nilai nutrisi dan pencernaan tepung maggot. Proses fermentasi juga dapat memecah dinding sel yang sulit dicerna, meningkatkan bioavailabilitas nutrisi, dan mengurangi faktor antinutrisi seperti kitin.

Selain manfaat nutrisi, penggunaan tepung maggot terfermentasi juga memiliki implikasi positif terhadap kesehatan ikan.. Dari perspektif keberlanjutan, penggunaan tepung maggot terfermentasi sebagai substitusi tepung ikan memiliki

potensi untuk mengurangi tekanan pada stok ikan liar dan meningkatkan efisiensi sumber daya dalam produksi akuakultur. Studi oleh Smetana *et al.* (2022) menunjukkan bahwa produksi tepung maggot memiliki jejak karbon yang lebih rendah dibandingkan dengan produksi tepung ikan, terutama ketika maggot dibudidayakan menggunakan limbah organik. Meskipun demikian, beberapa tantangan masih perlu diatasi dalam pengembangan dan implementasi tepung maggot terfermentasi sebagai substitusi tepung ikan. Salah satunya adalah variabilitas dalam komposisi nutrisi tepung maggot, yang dapat dipengaruhi oleh substrat pertumbuhan dan metode pengolahan. Standardisasi proses produksi dan fermentasi diperlukan untuk memastikan konsistensi kualitas. Selain itu, aspek ekonomi dan ketersediaan skala besar dari tepung maggot terfermentasi perlu dipertimbangkan untuk adopsi yang lebih luas dalam industri akuakultur.

#### **1.4.4. Kebutuhan Nutrisi Ikan Nila**

Pakan merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap tampilan produktifitas ikan Nila. Pakan juga merupakan unsur terpenting dalam menunjang pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan (Nurfitasari *et al.*, 2020). Ikan membutuhkan energi untuk dapat tumbuh dan berkembang, dimana energi tersebut berasal dari nutrisi yang dikonsumsi oleh ikan. Faktor yang mempengaruhi kebutuhan nutrisi pada ikan diantaranya adalah jumlah dan jenis asam amino esensial, kandungan protein yang dibutuhkan, kandungan energi pakan dan faktor fisiologis ikan.

Campuran yang seimbang dari bahan penyusun pakan serta pencernaan pakan merupakan dasar untuk penyusunan formulasi pakan yang sesuai dengan kebutuhan nutrisi ikan (Wulandari *et al.*, 2019). Ikan Nila sangat responsif terhadap pakan buatan (pelet) pada masa pemeliharaan baik berupa pelet terapung maupun tenggelam. Kebutuhan ikan terhadap pakan dipengaruhi oleh kualitas pakan. Energi yang diperoleh dari pakan dimanfaatkan untuk menjaga tubuh ikan, metabolisme tubuh, perkembangan, pertumbuhan, pergerakan, pematangan gonad, dan pemijahan (Astriani *et al.*, 2019). Pakan buatan disusun menurut kebutuhan ikan, formulasi dan bentuk pakan disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing jenis dan tingkat pertumbuhan serta perkembangan ikan.

Dalam penyusunan formulasi pakan ikan, perlu memperhatikan nilai kandungan nutrisinya. Kandungan nutrisi yang diperlukan ikan pada terdiri dari protein, karbohidrat, lemak, mineral, dan vitamin (Nazlia, 2019). Kadar protein yang dibutuhkan ikan nila berkisar antara 25-35%. Sedangkan karbohidrat berkisar 25-30%, lemak 5-8%, sementara vitamin dan mineral juga dibutuhkan dalam pakan dalam jumlah kecil, namun penting karena dibutuhkan untuk tumbuh dan menjalani beberapa fungsi tubuh (Niode *et al.*, 2017).

#### **1.4.5. Kecernaan Nutrisi**

Ikan nila memiliki sistem pencernaan yang relatif sederhana namun efisien. Saluran pencernaan ikan nila terdiri dari mulut, esofagus, lambung, usus, dan anus.

Menurut studi terbaru oleh Gao *et al.* (2019), ikan nila memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap berbagai jenis pakan karena fleksibilitas sistem pencernaannya. Usus ikan nila dapat memanjang atau memendek sebagai respons terhadap komposisi pakan, terutama ketika diberi pakan dengan kandungan serat yang tinggi. Aktivitas enzim pencernaan sangat mempengaruhi kecernaan nutrisi pada ikan nila. Penelitian oleh Li *et al.* (2021) menunjukkan bahwa ikan nila memiliki berbagai enzim pencernaan, termasuk amilase, lipase, dan protease. Aktivitas enzim-enzim ini dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti komposisi pakan, suhu air, dan tahap perkembangan ikan. Studi ini juga mengungkapkan bahwa suplementasi probiotik dapat meningkatkan aktivitas enzim pencernaan, yang berpotensi meningkatkan kecernaan nutrisi.

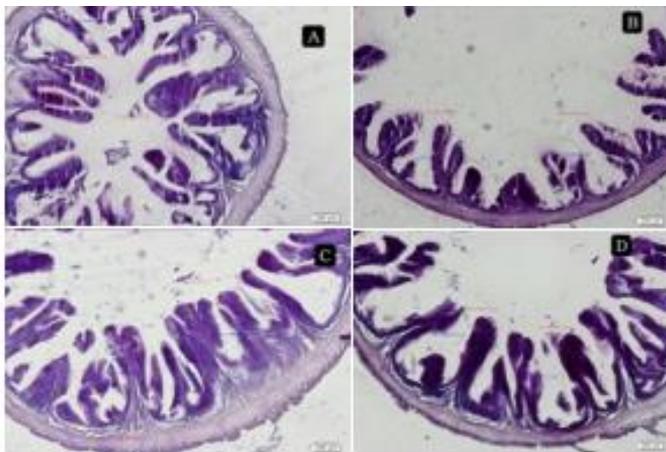
Kecernaan nutrisi adalah nilai yang menggambarkan jumlah nutrisi dalam pakan yang dapat dicerna oleh ikan (NRC, 2011). Kecernaan suatu bahan pakan merupakan pencerminan dari tinggi rendahnya nilai manfaat dari bahan pakan tersebut. Pengukuran nilai kecernaan pada dasarnya adalah suatu usaha untuk menentukan jumlah zat yang dapat diserap oleh saluran pencernaan dengan mengukur jumlah pakan yang dikonsumsi dan jumlah feses yang dikeluarkan. Menurut Syam *et al.* (2021), kecernaan suatu pakan menggambarkan berapa persen nutrisi yang diserap oleh saluran pencernaan ikan. Semakin tinggi nilai kecernaan pakan maka semakin banyak nutrisi pakan yang dimanfaatkan oleh ikan tersebut (Ningsih *et al.*, 2024). Ikan yang memiliki ukuran relatif kecil tingkat penyerapannya lebih rendah disebabkan enzim pencernaan yang dihasilkan ikan tidak maksimal, sedangkan ikan yang berukuran besar enzim pencernaannya sudah sempurna sehingga proses penyerapan nutrisi pakan lebih tinggi (Syam *et al.*, 2021). Nurfitasari *et al.* (2020) menyatakan bahwa daya cerna ikan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya ukuran dan umur ikan, jenis pakan, sifat kimia dan fisika pakan, kandungan gizi pakan, serta macam dan jumlah enzim yang terdapat dalam saluran pencernaan.

Protein merupakan makronutrien utama dalam pertumbuhan bagi ikan. Semakin tinggi kecernaan protein maka pertumbuhan akan meningkat. Protein merupakan unsur utama dalam pakan hewan akuatik dan digunakan untuk pertumbuhan dan perbaikan jaringan (Putra *et al.*, 2020). Nilai kecernaan protein adalah salah satu indikator untuk mengetahui efisiensi pakan yang diberikan pada ikan. Kisaran nilai kecernaan protein ikan secara umum yaitu sebesar 75-95% (Putra *et al.*, 2020). Kecernaan protein dapat ditingkatkan melalui proses pengolahan pakan yang tepat, seperti ekstrusi atau fermentasi. Ikan nila memiliki kemampuan yang baik dalam mencerna karbohidrat dibandingkan dengan ikan karnivora. Studi oleh Hua *et al.* (2019) menunjukkan bahwa ikan nila dapat mencerna hingga 70% karbohidrat dalam pakan. Namun, kecernaan karbohidrat sangat dipengaruhi oleh kompleksitas struktur molekulnya. Pati yang telah digelatinisasi memiliki kecernaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pati mentah. Lemak merupakan sumber energi yang penting bagi ikan nila.

#### 1.4.6. Histologi Usus Ikan Nila

Usus merupakan organ yang memiliki peranan penting dalam proses pencernaan dan rawan mengalami kerusakan. Kerusakan yang terjadi pada usus dapat diamati dengan metode pemeriksaan histologi (Alif *et al.*, 2021). Usus adalah organ tempat menyelesaikan campuran dan pencernaan makanan oleh enzim yang dikeluarkan hepatopankreas yang kemudian menjadi massa lunak yang dapat diserap. Pencernaan bahan tumbuhan pada ikan nila terjadi di sepanjang usus yang biasanya berukuran hingga 6 kali panjang tubuh ikan. Secara umum, ikan nila mencerna protein hewani dan menyerap protein nabati dengan baik, terutama jika tinggi serat (Vajargah, 2021).

Histologi usus ikan nila merupakan aspek penting dalam evaluasi kesehatan dan kinerja pencernaan ikan. Struktur histologis usus ikan nila terdiri dari empat lapisan utama: mukosa, submukosa, muskularis, dan serosa. Mukosa usus, yang merupakan lapisan terdalam, memiliki peran krusial dalam penyerapan nutrisi dan pertahanan terhadap patogen. Saluran pencernaan ikan sangat berkaitan dengan penyerapan nutrisi didalam tubuh ikan, kinerja usus yang baik dapat menyebabkan penyerapan pakan menjadi lebih optimal. Salah satu organ yang berfungsi dalam proses pencernaan dan penyerapan nutrisi terdapat pada usus, usus yang memiliki tinggi vili, lebar vili dan jumlah vili (Risna *et al.*, 2020). Menurut studi terbaru oleh Li *et al.* (2019), mukosa usus ikan nila ditandai oleh adanya vili, yaitu tonjolan berbentuk jari yang berfungsi meningkatkan luas permukaan penyerapan nutrisi. Panjang atau tinggi vili merupakan parameter penting dalam menilai kinerja usus ikan nila. Vili yang lebih panjang mengindikasikan peningkatan luas permukaan penyerapan, yang berkorelasi positif dengan efisiensi penyerapan nutrisi. Penelitian oleh Dawood *et al.* (2018) menunjukkan bahwa panjang vili usus ikan nila dapat bervariasi antara 200-500  $\mu\text{m}$ , tergantung pada faktor seperti komposisi pakan, kondisi lingkungan, dan status kesehatan ikan. Peningkatan panjang vili telah dikaitkan dengan peningkatan pertumbuhan dan efisiensi pakan pada ikan nila.



**Gambar 2.** Histologi usus ikan nila (Nadhilah *et al.*, 2022)

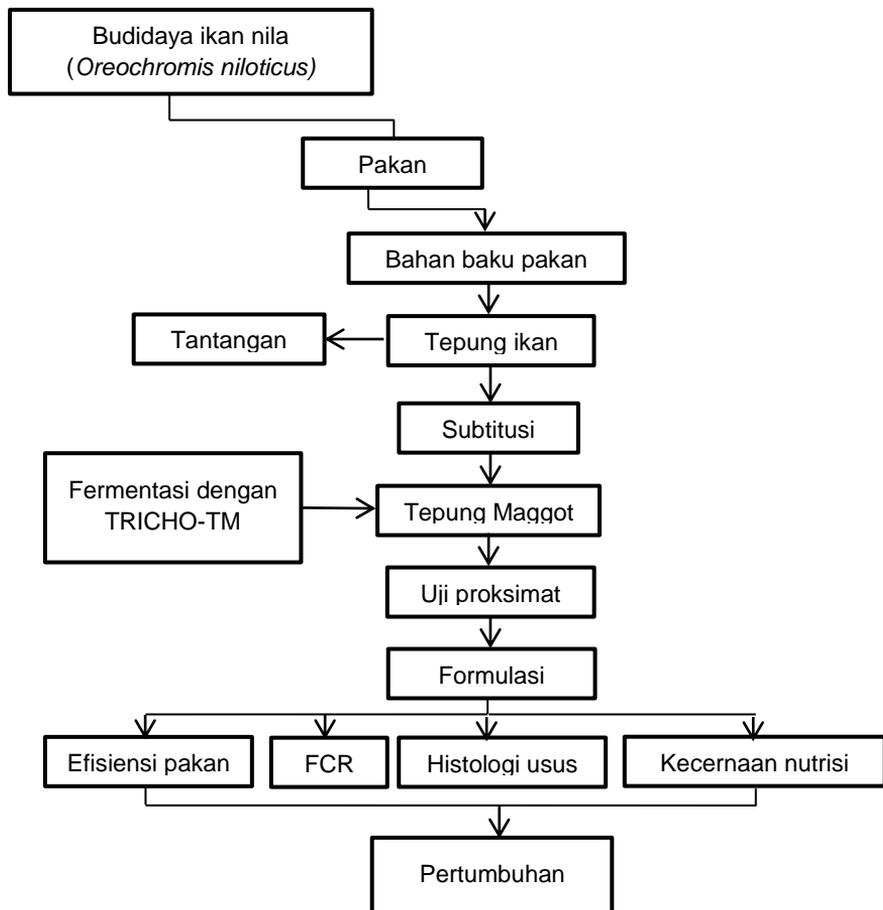
Penyerapan nutrisi oleh usus dapat berlangsung secara optimal apabila usus dalam keadaan sehat. Kesehatan usus dipengaruhi oleh populasi mikroba atau bakteri yang hidup di dalamnya. Sifat antimikroba dari larva BSF dapat mengurangi jumlah bakteri patogen (Auza, 2021). Proses pencernaan pada ikan khususnya pada proses penyerapan sari-sari makanan dapat dilihat dari struktur anatomi usus ikan. Makanan yang diolah secara mekanik melalui mulut dan diproses secara kimia dengan bantuan enzim maka sebagian nutrisi dari makanan yang dikonsumsi ikan akan diserap oleh usus dan diedarkan ke seluruh tubuh melalui pembuluh darah (Juanda & Edo, 2022).

Perubahan histologi pada usus dapat memberikan gambaran kemampuan ikan dalam mencerna makanan dan efek yang ditimbulkannya. Pada keadaan normal usus ikan terdiri atas lapisan mukosa, sub mukosa, muskularis dan membran serosa (Alif *et al.*, 2021). perubahan histologis usus ikan nila sering dikaitkan dengan komposisi pakan. Misalnya, studi oleh Zhang *et al.* (2018) menunjukkan bahwa substitusi tepung ikan dengan sumber protein alternatif seperti tepung serangga dapat mempengaruhi morfologi usus, termasuk panjang vili dan kedalaman kript. Oleh karena itu, analisis histologis usus menjadi alat yang berharga dalam mengevaluasi efek pakan alternatif pada kesehatan dan fungsi pencernaan ikan nila.

#### **1.4.7. Kualitas Air**

Keadaan kualitas air harus sesuai dengan kebutuhan ikan karena kualitas air memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap kelulushidupan dan pertumbuhan ikan nila di perairan budidaya (Pratama *et al.*, 2021). Lingkungan yang baik, bagi hewan diperlukan untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya. Ikan nila merupakan jenis ikan yang sangat potensial dan memiliki toleransi tinggi terhadap perubahan lingkungan perairan (Indriati & Hafiludin, 2022). Ikan nila bisa bertahan hidup pada salinitas 0,5-30 ppt. Ikan nila dapat bertahan hidup pada suhu 15-30°C tetapi suhu optimum untuk pertumbuhan ikan nila adalah 25-30°C, kadar oksigen terlarut (DO) untuk pertumbuhan ikan nila sebaiknya lebih dari 3 ppm, derajat keasaman atau pH yang ideal untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan ikan nila adalah pH 7 (Rahmawati & Dailami, 2021).

### 1.5. Kerangka Pikir Penelitian



**Gambar 3.** Kerangka pikir penelitian

### 1.6. Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah:

1. Ada tingkat substitusi tepung ikan dengan tepung maggot terfermentasi yang menghasilkan pertumbuhan dan kecernaan nutrisi terbaik
2. Terjadi perubahan panjang vili usus ikan nila yang diberi pakan substitusi tepung ikan dengan tepung maggot terfermentasi

## **BAB II**

### **METODE PENELITIAN**

#### **2.1. Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan di Laboratorium Pembenihan Ikan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Hewan uji yang digunakan berasal dari mitra CV. Prima di Leang-Leang, Kab. Maros. Bahan fermentor yang digunakan adalah produk komersial TRICHOR-TM yang diproduksi oleh CV. Pradipta Paramita Solo, Jawa Tengah, Indonesia. Pembuatan pakan uji dilakukan di Laboratorium Nutrisi dan Pakan Ikan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Uji proksimat dan pencernaan dilakukan di Laboratorium Kimia Pakan, Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin. Uji histologi usus dilakukan di Balai Besar Veteriner, Maros.

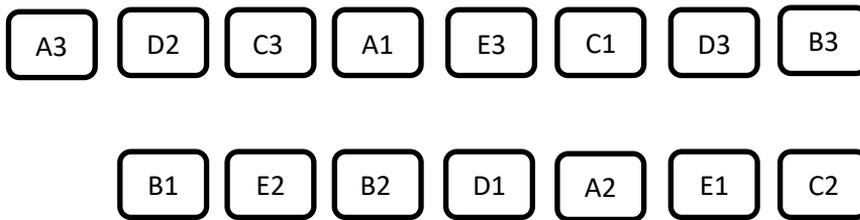
#### **2.2. Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengayak untuk memisahkan bahan yang kasar dengan yang halus, timbangan pakan untuk mengetahui jumlah tiap bagian dalam suatu komposisi pakan, alat pencetak pakan untuk mencetak adonan menjadi pelet dengan ukuran diameter yang dapat disesuaikan, oven untuk mengeringkan pakan yang sudah jadi, timbangan analitik untuk menimbang feses dengan tingkat ketelitian tinggi, pH meter untuk mengukur pH air, DO meter untuk mengukur kadar oksigen terlarut dalam air, termometer untuk mengukur suhu air, jangka sorong untuk mengukur pertumbuhan panjang ikan, akuarium untuk wadah pemeliharaan, toples untuk wadah fermentasi tepung maggot, nampan untuk wadah pembuatan pakan. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tepung maggot sebagai bahan uji untuk sumber protein pakan, jamur TRICHO-TM sebagai bahan fermentasi, dan adapun bahan untuk pembuatan pakan pellet yaitu tepung ikan, tepung kedelai, tepung jagung, dedak halus, CMC, minyak ikan, vitamin dan mineral mix, serta Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### **2.3. Rancangan Penelitian**

Penelitian ini akan di desain menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Penelitian ini terdiri dari 5 perlakuan dan setiap perlakuan mempunyai 3 kali ulangan. Adapun perlakuan yang di uji yaitu substitusi tepung ikan dengan tepung maggot terfermentasi:

- A. 0%
- B. 25%
- C. 50%
- D. 75%
- E. 100%



**Gambar 4.** Hasil pengacakan wadah pemeliharaan

## 2.4. Prosedur Penelitian

### 2.4.1. Hewan Uji

Hewan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan nila yang diperoleh dari Leang-Leang, Kab. Maros, Sulawesi Selatan, Indonesia. Bobot rata-rata hewan uji adalah  $6,20 \pm 0,50$  g sebanyak 150 ekor. Sebelum dimasukkan ke dalam wadah penelitian, hewan uji di sortir terlebih dahulu dengan memperhatikan bobot serta kesempurnaan organ tubuh. Selanjutnya, dilakukan aklimatisasi untuk penyesuaian diri terhadap lingkungan baru dan pakan uji.

### 2.4.2. Pakan Uji

Pakan yang digunakan pada penelitian adalah pakan buatan berupa pelet yang bahan utamanya dari substitusi tepung ikan dengan tepung maggot terfermentasi. Bahan baku lainnya adalah tepung jagung, tepung kedelai, dedak halus, minyak ikan, vitamin dan mineral mix, dan *carboxymethylcellulose*. Pakan uji ditambahkan  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  sebagai indikator pada analisis kecernaan nutrisi. Semua bahan baku pakan dicampur dan ditambahkan air secara bertahap hingga adonan merata. Pakan dicetak menjadi pelet dengan ukuran sesuai dengan bukaan mulut ikan menggunakan alat cetak pakan. Selanjutnya, pelet dikeringkan menggunakan oven selama 5-6 jam pada suhu  $55-60^\circ\text{C}$ . Pelet kering disimpan pada sebuah wadah tertutup hingga digunakan.. Formulasi pakan uji terlihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Formulasi pakan uji

Bahan Baku Pakan	Tepung ikan + Tepung maggot terfermentasi (%)				
	100 + 0	75 + 25	50 + 50	25 + 75	0 + 100
Tepung ikan	40	30	20	10	0
Tepung maggot terfermentasi	0	10	20	30	40
Tepung jagung	15	15	15	15	15
Tepung kedelai	16	16	16	16	16
Dedak halus	18	18	18	18	18
Vitamin dan mineral mix <sup>a</sup>	4	4	4	4	4
Minyak ikan	3	3	3	3	3
<i>Carboxymethylcellulose</i>	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Total	100	100	100	100	100
Kandungan nutrisi (%)					
Protein kasar (%)	36,97	36,35	35,90	35,74	34,08
Lemak kasar (%)	14,15	13,44	13,04	11,27	9,63
Karbohidrat (%)	33,35	35,60	37,20	39,77	43,24
Energi total (kkal/g) <sup>b</sup>	479,16	478,20	478,47	471,42	460,83
C/P ratio	12,96	13,16	13,33	13,19	13,52

a. Setiap 1 kg premix aquavita mengandung vit. A 3.000.000 IU, vit. D3 1.000.000 IU, vit. E 7.500 mg, vit. K3 1.200 mg, vit B1 3.000 mg, vit B2 4.500 mg, vit B12 3.0 mg, vit. C 8.000 mg, Ca pantothenate 4.000 mg, folic acid 1.500 mg, lactose add 1.0 kg, nicotipamida 20.000 mg, asam amino 10.000 mg, biotin 1.0 mg, inositol 12.500 mg, manganase sulphat 27.0 mg, zinc sulphat 25.0 mg copper sulphat 2.0 mg, cobalt chloride 50.0 mg, potasium iodida 175 mg, dan sodium selenit 50.0 mg

b. Energi total dihitung berdasarkan nilai konversi protein, lemak dan karbohidrat masing-masing 5,64; 9,44 dan 4,11 kkal/g (NRC, 1993).

### 2.4.3. Fermentasi

Tepung maggot yang digunakan sebagai bahan baku pakan berasal dari produk komersial. Tepung maggot difermentasi dengan *Trichoderma* sp. Fermentor merupakan produk komersial yang diproduksi oleh CV. Pradipta Paramita Solo, Jawa Tengah, Indonesia dengan merek TRICHOR-TM. Pada tahap fermentasi, pertama tepung maggot ditimbang dan ditambahkan produk TRICHOR-TM sebanyak 8%. Tepung maggot tersebut diaduk hingga homogen sambil ditambahkan air matang sedikit demi sedikit. Selanjutnya, disimpan dalam wadah tertutup dan didiamkan selama 7 hari. Untuk menghindari pertumbuhan mikroorganisme, tepung maggot dikeringkan menggunakan oven (Mulyono *et al.*, 2019), selama 24 jam pada suhu 50°C. Tepung maggot yang sudah kering diayak untuk mendapatkan ukuran partikel yang seragam dan lebih halus. Tepung maggot terfermentasi disimpan pada suhu ruang hingga digunakan sebagai bahan pakan uji.

#### 2.4.4. Wadah Pemeliharaan

Wadah pemeliharaan yang digunakan adalah akuarium berukuran 40 x 30 x 28 cm<sup>3</sup> dengan volume 34 L dan diisi air sebanyak 25 L. Jumlah akuarium yang digunakan sebanyak 15 unit masing-masing wadah diisi 10 ekor ikan nila. Akuarium dilengkapi dengan sistem aerasi sebagai penyuplai oksigen. Pada setiap sisi samping akuarium dibalut dengan plastik hitam.

#### 2.4.5. Pemeliharaan Ikan Nila

Pemeliharaan ikan dilakukan selama 30 hari. Setiap hari ikan nila diberi pakan perlakuan sebanyak 5% dari bobot tubuh, setelah pengukuran kualitas air dan pembersihan akuarium. Frekuensi pemberian pakan 3 kali sehari yaitu, pukul 08.00, 12.00 dan 16.00. Pengukuran kualitas air berupa suhu dan pH setiap pagi. Pengukuran oksigen terlarut dianalisis setiap pekan. Pembersihan akuarium dengan menyipon feses dan buangan hasil metabolisme dan sisa pakan. Untuk mengetahui perkembangan bobot ikan, dilakukan sampling setiap pekan.

Selanjutnya, untuk analisis pencernaan nutrisi dilakukan koleksi feses dengan cara penyiponan. Feses yang terkoleksi disimpan dalam *freezer* untuk menjaga kesegarannya. Koleksi feses dilakukan setiap hari hingga sampel cukup untuk analisis nutrisi dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

### 2.5. Parameter Penelitian

#### 2.5.1. Pertumbuhan

##### 2.5.1.1. Pertumbuhan bobot mutlak

Pertumbuhan bobot mutlak atau *Absolute Weight Growth* (AWG) adalah selisih antara bobot rata-rata pada akhir penelitian dengan bobot rata-rata pada awal penelitian, dihitung menggunakan rumus Effendie (2004).

$$AWG = W_t - W_o$$

Keterangan :

AWG = Pertumbuhan bobot mutlak (g).

$W_t$  = Bobot rata-rata ikan nila pada akhir penelitian (g).

$W_o$  = Bobot rata-rata ikan nila pada awal penelitian (g).

##### 2.5.1.2. Laju pertumbuhan spesifik

Laju pertumbuhan spesifik atau *Specific Growth Rate* (SGR) adalah tingkat pertumbuhan bobot ikan per satuan waktu dalam bentuk persentase per hari, yang memperhitungkan kenaikan eksponensial. Laju pertumbuhan spesifik ikan nila dapat dihitung menggunakan rumus Effendie (2004).

$$LPS = \frac{\ln W_t - \ln W_o}{t} \times 100$$

Keterangan:

LPS = Laju pertumbuhan spesifik (%).

t = Waktu pemeliharaan selama penelitian (hari).

$W_t$  = Bobot rata-rata ikan nila pada akhir penelitian (g).

$W_o$  = Bobot rata-rata ikan nila pada awal penelitian (g).

### 2.5.1.3. Efisiensi pakan

Efisiensi pakan atau *Feed Efficiency* (FE) mengindikasikan seberapa tingkat efisiensi nutrisi dalam pakan digunakan untuk mendukung pertumbuhan ikan. Nilai efisiensi pakan yang tinggi berarti ikan dapat tumbuh lebih cepat dengan jumlah pakan yang lebih sedikit. Efisiensi pakan (FE) dihitung menggunakan rumus Watanabe (1988).

$$FE = \frac{W_t - W_o}{F} \times 100\%$$

Keterangan:

FE = Efisiensi pakan (%)

$W_t$  = Biomassa hewan uji pada akhir penelitian (g).

$W_o$  = Biomassa hewan uji pada awal penelitian (g).

F = Jumlah pakan yang diberikan (g).

### 2.5.1.4. Rasio konversi pakan

Rasio konversi pakan atau *Feed Conversion Ratio* (FCR) dalam budidaya ikan adalah ukuran yang menggambarkan jumlah pakan yang dikonsumsi untuk menghasilkan pertambahan bobot tubuh tertentu pada ikan. Rasio konversi pakan dihitung menggunakan rumus *National Research Council* (2011).

$$FCR = \frac{F}{(W_t + D) - W_o}$$

Keterangan:

FCR = Rasio Konversi Pakan

$W_t$  = Biomassa hewan uji pada akhir penelitian (g).

$W_o$  = Biomassa hewan uji pada awal penelitian (g).

F = Jumlah pakan yang diberikan (g).

D = Bobot Ikan yang mati (g).

#### 2.5.1.5. Sintasan

Sintasan atau *Survival Rate* (SR) menunjukkan seberapa baik ikan mampu bertahan hidup dalam kondisi budidaya tertentu. Nilai sintasan ikan dapat dihitung dengan menggunakan rumus Effendie (2004).

$$SR = \frac{N_t}{N_0} \times 100$$

Keterangan:

SR = Sintasan (%)

$N_0$  = Jumlah ikan yang hidup pada awal penelitian (ekor).

$N_t$  = Jumlah ikan yang hidup pada akhir penelitian (ekor).

#### 2.5.2. Kecernaan nutrisi pakan

Kecernaan nutrisi merupakan pencernaan dari nutrient tertentu atau energi dalam pakan. Kecernaan nutrient dihitung menggunakan rumus *National Research Council* (2011).

$$KN (\%) = \left[ 1 - \frac{a'}{b'} \times \frac{b}{a} \right] \times 100$$

Keterangan :

KN = Kecernaan nutrisi (%)

a = Nutrien dalam pakan (%)

a' =  $Cr_2O_3$  dalam pakan (%)

b = Nutrient dalam feses (%)

b' =  $Cr_2O_3$  dalam feses (%)

#### 2.5.3. Panjang vili usus

Pengukuran panjang vili usus dilakukan menggunakan preparat histologi usus setiap perlakuan dengan pemotongan membujur. Panjang vili usus diperoleh dengan menghitung jarak antara dasar dan ujung masing-masing vili menggunakan optilab (Risna *et al.*, 2020).

#### 2.5.2. Kualitas Air

Selama penelitian berlangsung dilakukan pengukuran kualitas air sebagai faktor pendukung, berupa suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut dan amonia. Pengukuran suhu, salinitas dan pH dilakukan 2 kali sehari yaitu pukul 07.30 dan 15.30 WITA, untuk oksigen terlarut diukur sebanyak 2 kali selama penelitian yaitu pada awal dan akhir penelitian

## **2.6. Analisis Data**

Data yang diperoleh diuji menggunakan analisis ragam (ANOVA). Apabila terdapat pengaruh perlakuan terhadap parameter yang nyata maka dilanjutkan dengan uji lanjut *W-Tuckey*. Analisis dilakukan dengan program *Statistical Product and Service Solution* (SPSS) versi 23.0.